BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Jenis penelitian ini digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru terhadap proses. Pengaruh dari beberapa perlakuan atau desain yang berbeda terhadap suatu percobaan akan dibandingkan sehingga diperoleh suatu kejadian yang saling berhubungan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai selesai di Laboratorium Mesin-Mesin Fluida, Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya.

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan sebelum penelitian. Besar variabel bebas diubah-ubah atau konstan untuk mendapat hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah :

- Debit fluida air panas pada bagian pipa dalam divariasikan dari 400 lt/jam, 500 lt/jam, 600 lt/jam, 700 lt/jam, 800 lt/jam, dan 900 lt/jam atau interval kenaikan tiap100 lt/jam.

2. Variabel terkontrol

Variabel ini dijaga konstan dan terkontrol pada saat penelitian dilakukan, tetapi juga mempengaruhi variabel terikat yang terjadi. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah

- *Static radial fin* dengan variasi jumlah sudu yaitu 2 sudu, 3 sudu, dan 4 sudu.
- Besar sudut kemiringan fin pada *static radial fin* yaitu 45^{o}.
- Temperatur air panas masuk pada pipa dalam dari reservoir panas sebesar 65^{o}C dengan toleransi $\pm 1\ ^{o}$C.

- Debit air dingin pada pipa luar *heat exchanger* konstan sebesar 900 liter/jam
- Temperatur air dingin masuk pada pipa bagian luar dari reservoir dingin sebesar 26 ^{o}C dengan toleransi ± 1 ^{o}C.

3. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Dengan adanya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat akan menghasilkan perubahan nilai dari variabel terikat tersebut. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

- Laju perpindahan kalor.
- *Pressure drop*.

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1) *Water Pump* : Alat ini bertujuan untuk memompakan air menuju *double tube heat exchanger*. 2 buah pompa yang digunakan masing – masing untuk memompa air panas dan air dingin. Spesifikasi pompa air :

Merk	: Moswell
Model	: Aqua – 125
Max. Capacity	: 42 lt/menit
Such head	: 9 meter
Disc head	: 24 meter
Total head	: 33 meter
Power	: 125 watt
V/Hz/PH	: 220/50/1
RPM	: 2850
Buatan	: Indonesia

Gambar 3.1 Water Pump

2) Debit meter yang berfungsi untuk mengukur jumlah debit fluida yang masuk ke dalam pipa *heat exchanger*. Dalam penelitian ini menggunakan 2 buah debit meter untuk mengukur debit air panas dan debit air dingin. Dengan spesifikasi :

Qn : 1.5 m^3/jam

Merk : Ning – No

Buatan : China

Gambar 3.2 Debit meter

3) Manometer, digunakan untuk mengukur perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar pipa dalam (*inner tube*) *heat exchanger* yang dipasang *static radial fin*.

Gambar 3.3 Manometer

4) *Automatic thermocontroller,* berfungsi untuk menjaga temperatur air panas agar tetap konstan pada temperatur tertentu dengan cara mengatur kerja dari *magnetic contactor*. Spesifikasi alat :

Merk	: T & W electric heating & equipment Corp. China.
Type	: IL – 70
Range Temperature	: 0^oC – 400^oC
Voltage	: 110 / 220 V
Frequency	: 50 / 60 Hz
Accuracy	:± 1^oC
Input thermocouple	: 1 Channel type K

Gambar 3.4 *Automatic Thermocontroller*

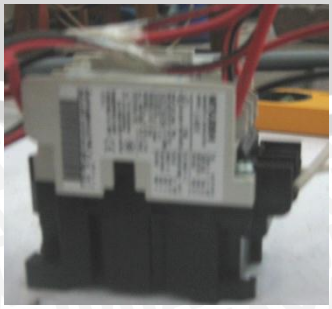
5) *Thermocouple,* sensor yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik berupa temperatur menjadi bentuk beda potensial, *thermocouple* yang digunakan tipe K dan tipe LM35. Sensor tipe K diletakkan di *reservoir* air

panas untuk mengetahui temperaturnya, sedangkan sensor LM35 dipasang pada pipa – pipa sisi masuk dan keluar *heat exchanger* untuk mengetahui temperatur air dingin dan panas yang dapat dilihat pada indikator *display digital*.

Gambar 3.5 *Thermocouple*

Gambar 3.6 *Display digital*

6) *Magnetic contactor*, berfungsi untuk memutus atau menyambung aliran listrik menuju *heater*, kinerja alat ini diatur oleh *automatic thermocontroller* yang terhubung dengan *thermocouple* tipe K, spesifikasi *magnetic contactor* :



Gambar 3.7 *Magnetic contactor*

Merk : Mitsubishi

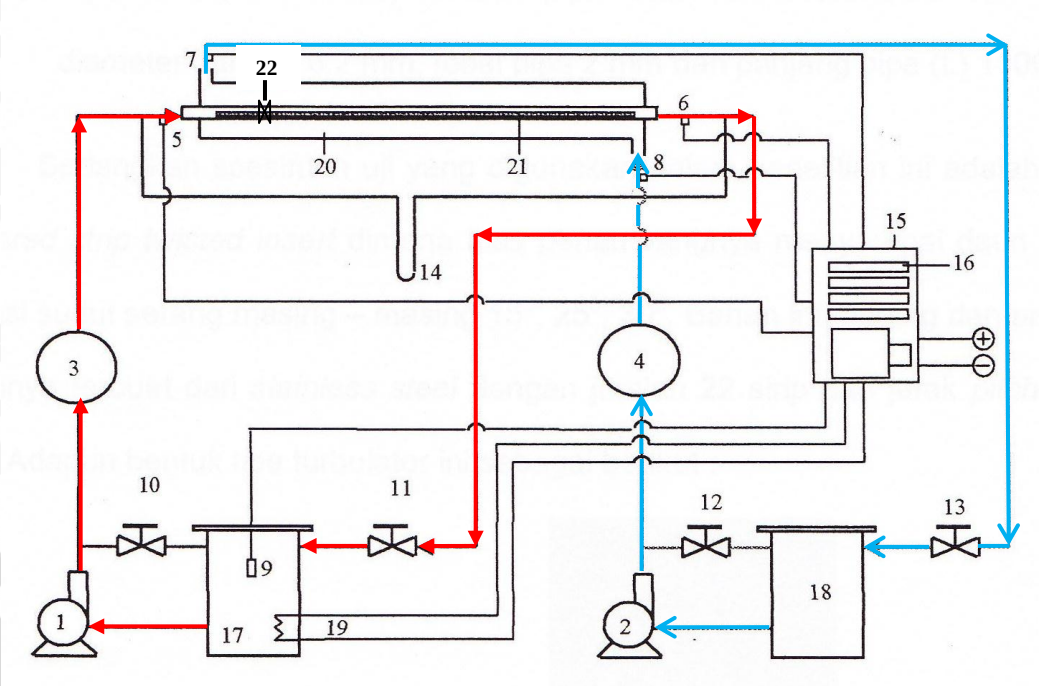
Type : S-N10

7) *Heater*, mengkonversi energi listrik menjadi energi panas, dimana *heater* ini untuk memanaskan air pada *reservoir* air panas sampai temperatur uji yang ditentukan.

Gambar 3.8 *water heater*

8) *Sterofoam*, digunakan untuk mengisolasi pipa aliran panas dan pipa luar dari *heat exchanger*.

3.5 Skema Alat Penelitian



Gambar 3.9 Skema instalasi peralatan penelitian

Keterangan gambar:

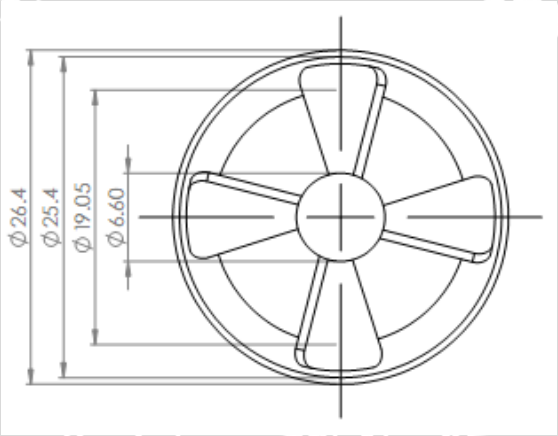
→ Arah aliran air panas → Arah aliran air dingin

1. Pompa air panas.
2. Pompa air dingin.
3. Debit meter air panas.
4. Debit meter air dingin.
5. LM35 untuk sisi masuk air panas.
6. LM35 untuk sisi keluar air panas.
7. LM35 untuk sisi keluar air dingin.
8. LM35 untuk sisi masuk air dingin.
9. *Thermocuple* air panas.
10. Kran pengatur air panas.
11. Kran pembuangan air panas.
12. Kran pengatur debit air dingin.
13. Kran pembuangan air dingin.
14. Manometer.
15. Kontrol panel.
16. Display digital.
17. *Reservoir* air panas.
18. *Reservoir* air dingin.
19. Pemanas (*heater*).
20. Pipa fluida dingin.
21. Pipa fluida panas.
22. *Static radial fin*

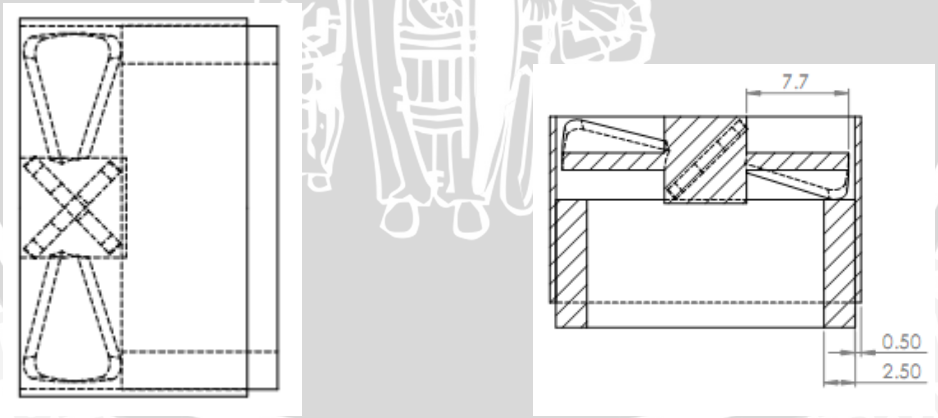
Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *double tube heat exchanger* dengan spesifikasi :

1. Pipa dalam (*inner tube*) adalah pipa dari bahan tembaga paduan CEM ASTM B88 TYPE M dengan diameter dalam 25,4 mm, tebal 1 mm, dan panjang pipa (L) 1000 mm.
2. Pipa luar (*outer tube*) adalah pipa *Stainless Steel* SUS 304 dengan diameter dalam 76,2 mm, tebal pipa 2mm dan panjang pipa (L) 1000 mm.

Sedangkan turbulator yang digunakan dalam penelitian ini adalah *static radial fin.* Dengan memvariasikan jumlah sudu yaitu 2, 3 dan 4. Berikut adalah contoh *static radial fin* dengan 4 sudu.



Gambar 3.10 Tampak atas *static radial fin*



(a) (b)

Gambar 3.11 Tampak (a) samping dan (b) depan *static radial fin*

3.6 Prosedur penelitian

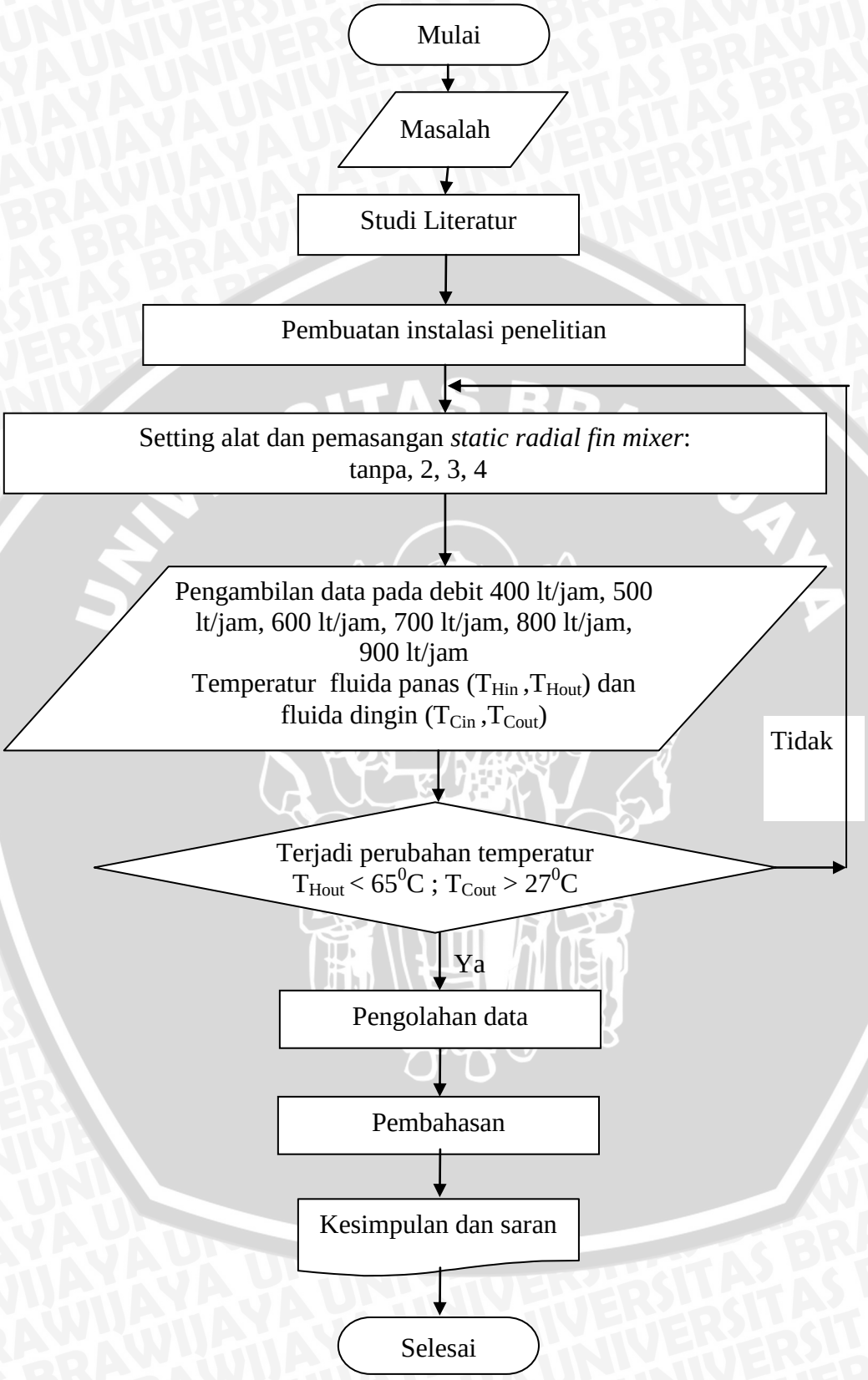
Persiapan meliputi :

1. Menyiapkan instalasi penelitian dengan berbagai variasi jumlah sudu *static radial fin* sesuai dengan variable bebasnya yaitu 2 sudu, 3 sudu dan 4 sudu.
2. Memanaskan air menggunakan *heater* sampai dengan temperatur 65^{o}C sebagai persiapan air panas.
3. Pengecekan kondisi alat ukur meliputi manometer dan sensor beserta alat pendukungnya.

Pelaksanaan percobaan :

1. Memasang semua instalasi penelitian pada alat penukar kalor yang tanpa *static radial fin*.
2. Menghidupkan kedua pompa dan mengatur debit air dingin maupun panas sesuai dengan ketentuan.
3. Pengambilan data dimulai setelah fluida air panas dan air dingin di alirkan pada masing-masing pipa. Untuk fluida panas, debit yang dialirkan nantinya dimulai dari dari 400 lt/jam, 500 lt/jam, 600 lt/jam, 700 lt/jam, 800 lt/jam, dan 900 lt/jam atau interval kenaikan tiap100 lt/jam. Untuk debit air dingin dibuat konstan 900 lt/jam
4. Pengambilan data berupa temperatur masuk dan temperatur keluar air dingin maupun air panas serta perbedaan tekanan pada air panas masuk dan keluar pipa berupa perbedaan ketinggian air pada manometer untuk setiap variasi debit air panas.
5. Mengulangi langkah 1 sampai 4 dengan memasang berbagai variasi jumlah sudu *static radial fin* yang telah ditentukan pada *inner tube.*
6. Data kemudian diolah serta dilakukan analisa mengenai pengaruh variasi jumlah sudu *static radial fin* terhadap laju perpindahan kalor dan penerunan tekanan.
7. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian